

政府資金と総需要の民間 R&D 支出への効果

馬 場 正 弘

概 要

民間企業の R&D 支出の決定要因として各種需要項目と政府 R&D 資金の諸形態を考え、戦後の時系列データを用いてこれらの効果の大小を検討した。この結果、公的需要と政府機関 R&D は負の、輸出および民間需要と政府による民間への R&D 資金配分は正の関係を各々民間負担 R&D との間に持つことが分かり、国防や航空宇宙など政府需要が産業 R&D と密接に結びついた米国とは対照的に、日本の技術革新が民間主導のものであることが推測される。

1. はじめに

本論文のテーマは、科学技術活動への政府の資金的関与および総需要を中心とした、民間 R&D 活動の決定要因に関する考察である。考察の中心は

- ① 政策的に民間における研究活動の活発化を促し、民間への委託・共同研究あるいは補助金などの形態をとる、政府による民間企業の R&D 活動への支援
- ② R&D 活動の収益性および資金の豊富さという点と関連した、R&D 支出の決定要因としての総需要水準

の2つで、これらの要因を考慮するための経済変数およびその理論的根拠と、集計量時系列データを用いた実際のマクロ経済における各々の効果に関する推定結果について検討する。

2. 政府 R&D 資金と民間 R&D : 代替性と補完性

政府の科学技術に関する政策や支出は、直接の R&D 支出や奨励・規制措置などの形で民間の R&D 支出に影響する。多くの研究が技術革新の私的収益率と社会的収益率の間にギャップがあることを示しており、政府には R&D について積極的な役割があるといえる。逆に、財源が限られた場合、例えば、環境汚染や安全性などに関する政府の規制が民間の R&D 活動を歪めたり方向転換させたりする場合もある。⁽¹⁾ また、政府から民間部門への R&D 支出や助成についても、民間産業は政府の援助や直接の R&D 支出に様々な反応を示すと考えられるため、政府による R&D 支出は常に意図した効果のみを持つとは限らない。例えば、R&D への

(1) Hughes [7], p. 56. 例えば Mansfield et al. [15] は、技術進歩にともなう収益率を民間部門と公共部門に分けて計測し、両者の差を分析した。また、環境規制が R&D と産業の生産性上昇に及ぼした効果の研究には Link [12] などがあり、規制によって R&D の収益率が下がったとしている。

公的な関与の増大が意思決定を歪め、商業的には失敗をもたらす、ということもいわれる。⁽²⁾

民間産業のこうした反応は次のように説明できる。一方には、政府の R&D 支援が企業資金の R&D をクラウドアウトするという意見がある。これによれば、企業はさもなくば自分が支出したであろう計画の代わりに支援を受けるが、短期的には企業の R&D 遂行能力が限られているため、政府資金による R&D を行うことで民間資金による R&D 計画が削減され、さらに長期的には、政府の R&D への参入が R&D 資源の価格を引き上げるので、企業にとっての R&D のコストも高まり、支援の効果が相殺されるというものである。⁽³⁾

他方、政府の R&D 支援は民間企業の R&D の収益性を上げる新しい知識や技術をもたらし、その結果、企業自身の R&D を増やすように作用する、という見方もある。⁽⁴⁾

このような政府と民間の R&D の関係を実証的に考察した研究は多いが、政府 R&D が民間 R&D に正の効果を持つか負の効果を持つかは必ずしも明白ではない。Levy and Terleckyj [9] などのように両者の補完的關係を認める研

究も多く、また、Carmichael [4] では、モデルの計測結果そのものは代替関係の存在を示しながらも、それが小さいものにとどまり、全体では補完的であるとされている。⁽⁵⁾ 一方、同じ民間 R&D でも基礎研究や開発などその性格によってこの関係は異なる。すなわち、Link [11] や Higgins and Link [6] は、こうした補完的關係自体は認めながらも、民間 R&D を性格別に考察すると、基礎研究に対するクラウドディングアウト効果があることがわかるとしている。⁽⁶⁾

このように両者の関係は補完的な要素と代替的な要素をあわせ持っており、また、政府自身による R&D の効果は民間への支援のそれとは異なるなど、関係は複雑である。⁽⁷⁾

3. 総需要と技術革新

技術進歩における経済主体の能動的役割を最も完全な形で記述したのは J. A. Schumpeter であった。⁽⁸⁾ 独占力および企業規模と革新活動の間にある関係について論じた Schumpeter 仮説に加えて、2つの新しい仮説がある。まず第一は、Technology-Push 仮説と呼ばれるものであるが、これは技術革新において根底にある科学

(2) Baily and Chakrabarti [1], p. 111. また彼らは、公的な R&D と私的な R&D の性質について次のようにまとめている。まず、市場は新しい技術への様々な接近法を生み出し、集権的な意思決定主体では考え出されないような解決法を出すこともできる。さらに政府が支援する計画は失敗しても切り捨てることができない。こうした政府が資金を出す計画がうまくいくのは、技術や目的があらかじめ定められた計画の場合である。一方で、民間部門はどんなに予想収益が大きい計画であっても大規模でリスクが大きい計画には慎重である。こうした民間の技術進歩の誘因に関しては成果の専有可能性という要因が大きく、専有可能性がない場合、商業 R&D が過小となるのみならず基礎研究などへの民間支出がほとんどなされなくなるという可能性がある。同上書、pp. 111-114.

(3) Mansfield and Switzer [14], p. 562. この他、Carmichael [4] は政府契約による R&D と民間 R&D のリスクの違いを考慮した企業の選好行動の分析に基づいて代替関係の理論的可能性を説明、実証している。

(4) Mansfield and Switzer [14], p. 563.

(5) Levy and Terleckyj [9], pp. 552-555. Carmichael [4], pp. 617-627.

(6) 例えば Link らは、政府 R&D の対売上高比率が高い企業では R&D 支出対売上高比率が高いという関係を米国のクロスセクションデータから見いだしたが、同時に、この補完的關係がもっぱら基礎研究ではなく開発との間に成立するため政府からの研究費が多い企業では基礎研究の比率が低くなっていることも明らかにした。Link [11], pp. 342-349, Higgins and Link [6], pp. 86-88.

(7) 例えば、Levy and Terleckyj [9] の計測では、政府が直接行う R&D 支出と民間 R&D との関係には3年のラグが見られる。

(8) Kamien and Schwartz [8], pp. 7-8.

的知識の役割を主に強調する。もうひとつは、Demand-Pull 仮説として言及されるもので、技術革新において経済的機会の役割を強調する。いずれも、Schumpeter 仮説を検証しようという試みから刺激を受けたものである。⁽⁹⁾前者は、大規模な研究体制ほどより広い視野で基礎的な科学の基盤を研究できることと、技術革新の速度がそれが依拠するこの科学的基盤自体の進歩に依存することを重視する。また後者は、技術革新が企業の利潤機会への反応として現れ、技術革新の主導権は市場が握るというものである。⁽¹⁰⁾

発明活動が需要に大きく影響されるという考え方は Schmookler [16] に負うところが最も大きい。⁽¹¹⁾発明的活動が内部の技術的機会よりもむしろ主として総需要や投資需要といった外部要因と相関するというこの見方は、R&D が生産およびマーケティングのニーズの認知と関係してなされるとする人々や、生産要素の予想価格、予想産出量、R&D の予想価格に依存するとする人々によって支持されてきた。⁽¹²⁾

これによれば、技術革新が成功するためには、利用可能な技術的機会があると同時に、企業が市場状況を革新の導入に好ましいと考える、すなわち新製品や新工程の生産物への需要が十分で R&D が十分収益的と予想されることが重要

である。Schmookler は、急速な技術革新の鍵となる要因は需要の力強い成長であると論じた。そしてこの根拠として、技術が急速に変化した産業分野について、19世紀後半から20世紀前半にかけての特許のデータを用い、特許で代表させた発明活動が当該産業のそれまでの投資および産出の動きと関連していることを示した。⁽¹³⁾

この見方は、1970年代においては各種の技術的機会（新しい発見や発明）があったにもかかわらず技術革新が停滞的であった理由を説明し得る。すなわち、特に食糧価格およびエネルギー価格と連動した形で1970年代の供給ショックは各国のインフレを加速させ、この結果特に金融政策などの総需要抑制政策がとられたために、総需要の弱さが技術機会を利用する企業の意欲を減退させたと考えることができる。⁽¹⁴⁾ただし、特にこれが1970年代の生産性停滞の中心的要因であったといいきることはできない。一つには、特許はブレイクスルーそのものではなくその普及ないし発展を反映したものであり、彼が観察した大量の特許はむしろ主要な技術的發展の後になって現れたということ、さらに、実際の例を見ると外国企業に国内市場を奪われた産業においてもこれがかえって新技術の採用の刺激となった例もあることなどが指

(9) 同上書, pp. 22-23.

(10) 同上書, pp. 35-38.

(11) Griliches [5], p. 303.

(12) Hughes [7], p. 55.

(13) Schmookler は米国のいくつかの産業の長期の時系列データおよびクロスセクションデータを用いて資本財購入などの需要と特許件数の関係を考察し、両者が資本財需要の幾分かの先行関係をともなう同様の推移をしていることを指摘した。そして、回帰分析で両者の間のラグ構造を明らかにし、資本財への需要の伸びが特許件数の伸びをもたらしたとしている。Schmookler [16], Chapter 6, 7.

(14) 総需要が技術革新に与える影響について論じたものの一つに、米国の長期時系列データを用いて、政府投資支出および総需要の代理変数としての貨幣供給量によって技術進歩率（全要素生産性上昇率）を計測した Ben-Zion and Ruttan [2] があり、比較的長いラグをとらないう貨幣供給量で表した総需要の増大が技術進歩率の上昇をもたらしたとしている。

摘され、需要に対する革新と生産性の反応にあまり残るためである。⁽¹⁵⁾

実証研究によって需要変数と技術機会変数が R&D に与える効果を調べたものを総合すると、一般に、技術的機会という尺度を含めた研究ではこれは有意な正の効果を持つことが示されているという。また、需要、予想利潤、キャッシュフローの効果については、これが需要効果の最良の尺度であるかどうか分からないものの一応の支持が得られたが、需要のみが影響を及ぼすとした仮説は支持されなかったという。⁽¹⁶⁾ Schmookler のこの研究は様々なレベルからの批判が可能で、事実そうされてきた。より長期的な視点に立てば、新しい発見や科学知識の着実な貢献がむしろ重要な役割を演じているのは確かであるし、彼自身が提示した証拠は、その数多くの分析の集積などによって説得力を持つものの、決して強固なものとはいえない。だが、その後の実証研究ではこれは否定されてはいない。一般に、年単位の動きで捉えた場合には、効果の蓄積に長い時間がかかる技術上の要因に比べると、需要側の要因の方が検出されやすいといえる。⁽¹⁷⁾ Kamien and Schwartz [8] によれば、こうした Technology-Push 仮説と Demand-Pull 仮説は技術革新の競合する説明というよりも、前者が長期の理論に、後者が短期の理論により適した、むしろ相補う説明と考えることもできるという。⁽¹⁸⁾

4. モデルとその理論的解釈

以上のように、総需要は民間の R&D 支出を説明する要因の一つである。また、政府の活動の影響も重要であると考えられる。この他、企業規模と産業構造、技術的機会、輸出なども考察対象となるべき要因である。本論文では主として時系列データに基づいて検討するので、これらのうちで政府、総需要、輸出を中心としたモデルを考える。モデルの構成にあたっては Lichtenberg [10] における方法を用い、解釈に際してもこれをよりどころとする。この方法は、産業における民間資金 R&D 支出を政府資金の R&D 支出と各種需要要素で説明することによって、総需要が民間の R&D 活動およびそこでの政府資金 R&D の効果の推定値に及ぼす影響を論じたものである。

(1) Lichtenberg による民間 R&D 関係式の解釈と問題点の提示

民間企業部門の R&D 支出を説明する実証研究において一般的に用いられる関係式は、民間の R&D 支出ないしその対売上高比率を、政府助成の程度を示す変数や企業の規模・収益率、生産物差別化の程度、産業の集中度などの線形関数として定式化するというものである。

ここで、民間 R&D に関する簡単な需要・供給関数を想定して、このような定式化とその解釈の理論的根拠について説明を試みる。単純化のために R&D 以外の変数を総需要水準を表す

(15) Baily and Chakrabarti [1], pp. 108-109.

(16) Hughes [7], p. 62.

(17) Griliches [5], pp. 303-305.

(18) Kamien and Schwartz [8], p. 36.

SALES という変数に一括した場合、しばしば用いられる関係式は、

$$(1) \quad CRD = \beta_0 + \beta_1 FRD + \beta_2 SALES + u$$

CRD：民間資金による民間での R&D

FRD：政府資金による民間での R&D

SALES：総需要

という形にまとめられるが、Lichtenberg [10] はこれを

$$(2) \quad P_S = a_0 + a_1 CRD + a_2 FRD + \epsilon_1$$

供給曲線

$$(3) \quad P_D = b_0 + b_1 CRD + b_2 SALES + \epsilon_2$$

需要曲線

という民間 R&D の需給モデルから導出したものとみなすのが有用であるとしている。ここで P_S と P_D は各々 R&D の供給および需要価格であり、R&D 投資の限界費用増および限界収入減を仮定して $a_1 > 0$ 、 $b_1 < 0$ である。⁽¹⁹⁾ (2)式において、変数 FRD は政府の民間 R&D 市場への参入が資源価格水準に影響して民間 R&D 供給曲線を動かすことを、また(3)式においては、変数 SALES は総需要増大という市場状況の好転が民間の研究支出意欲を刺激する結果需要曲線が上方にシフトすることを、それぞれ考慮したものと理解できる。そして、市場の均衡状態にあたる $P_S = P_D$ を考慮して、

$$(1') \quad CRD = \frac{b_0 - a_0}{a_1 - b_1} + \frac{-a_2}{a_1 - b_1} FRD + \frac{b_2}{a_1 - b_1} SALES + u$$

としたものが(1)式の持つ意味であると解せる。ここで β_1 の符号は a_2 の符号の逆となるので、この仮定のもとで a_2 の符号と有意性についての推測が可能となり、変数 FRD によって表される政府資金の技術革新の私的費用への効果を測ることができる。 a_2 の符号は先験的には定まらないが、この定式化に基づく回帰分析の結果は、例えば β_1 の推定値が負の場合 $a_2 > 0$ となるので政府資金の増加は民間 R&D のコストを上昇させて民間 R&D 支出を減らす効果を持っているといえる、などと解釈できる。⁽²⁰⁾

一方、短期的な Demand-Pull 仮説という考え方に従えば、SALES という変数についても、 $b_2 > 0$ すなわち民間 R&D 需要を刺激して民間 R&D 支出が増えるという関係が予想される。ただし、これは経済の全ての部門を集計した総需要全体を平均した場合の効果である。だが、Lichtenberg によれば、各種需要の各市場における R&D 限界収入および均衡支出に対する効果は政府需要と民間需要で異なるはずであるという。総需要の一括した取扱いとは別の意味では全市場においてその効果が等しいという仮定でもあるから、彼はこれは正しい定式化ではなく他の推定値にも影響を及ぼすとする。⁽²¹⁾

彼はこうした扱いの結果 FRD の係数が誤って不当に高く推計されているとする。政府との R&D 契約によって委託研究を行う企業は当該事業のうちの R&D 以外の部分も受注する可能性が高いため、R&D 資金の配分と政府需要と

(19) Lichtenberg [10], p. 98. ここでは彼に従って需給曲線は直線としている。これは取扱いの簡単化という側面も持つもので、非線形の需給関数の仮定ももちろん可能だが、本論文では曲線自体の形状よりもむしろそのシフトをもつばら考察するので、定式化の恣意性の回避という目的も含めて、線形の需給関数を想定する。

(20) 同上書, pp. 98-99. Lichtenberg 自身はこうした民間 R&D 支出の均衡水準の変化を CRD 以外の変数による曲線のシフトによって説明するという考え方にに基づきながらも、係数の推定値の解釈にあたってはこの点について必ずしも明記してはいないが、文章中の説明からは、(1')式の各係数はこのように解釈することが妥当と考えられる。

(21) 同上書, pp. 99-100.

の間に正の関係が生じ得る、というのがその理由である。特に米国の場合は民間 R&D のかなりの部分が軍事や航空宇宙などの連邦政府の購入と関連したものであり、さらに、こうした政府向けの活動の比率が高い産業ほど R&D 集約性が高いという傾向がある。⁽²²⁾ この結果、実際には政府 R&D 資金によって R&D 供給曲線が上昇し、クラウディングアウトが生じている場合でも、それを上回る R&D 支出をもたすように政府需要が R&D 需要曲線を上方シフトさせれば、全体として R&D 支出は増える。このとき、政府需要が独立の変数として明示的に扱われない場合、全体として生じる R&D 増加のうち、総需要全体の平均を上回る政府需要の効果が誤って政府 R&D 資金の効果とされる可能性が生じる。

この点を重視すると(1)式は次のように改められる。

$$(4) \quad CRD = \beta_0^* + \beta_1^* FRD + \beta_2^* GOV + \beta_3^* OTH + u^*$$

ここで GOV は政府の財・サービスの購入であり、OTH は SALES - GOV である。彼はここで、政府の財・サービス購入の増加が他の需要よりも民間の R&D を刺激しがちであるために $\beta_2^* > \beta_3^*$ となるという関係と、政府 R&D と政府需要の間に強い正の相関があるために β_1 に比べて β_1^* の有意性が下がるという関係が成立することを予想している。⁽²³⁾

(2) Lichtenberg による米国データについての適用

以上の仮定に基づいて、米国の1956～83年についての時系列データを用い、SALES を国民総生産、GOV を政府購入として(1)および(4)式を計測したところ、SALES を GOV と OTH に分けた場合は FRD の係数が約半分になり、有意性も下がったという。これは近年の企業データによるクロスセクション分析でも同様であったという。

一方、彼は(1)式と同様な関係を対数線形で仮定し、さらに GOV と OTH の CRD への効果の差を示すウェイトを θ として、

$$(5) \quad \log CRD = \alpha_0 + \alpha_1 \log FRD + \alpha_2 \log \{OTH + (1 + \theta) GOV\} + u$$

という関係を考え、これを変形、近似した

$$(6) \quad \log CRD = \alpha_0 + \alpha_1 \log FRD + \alpha_2 \log SALES + \alpha_2 \theta GOV / SALES + u$$

という式も同じ期間のデータについて計測した。彼は変数 GOV/SALES を含んでいる点が民間と政府の需要の効果の差を考慮したことを意味しているとし、ここから総需要の民間 R&D への効果については政府需要のウェイトが相対的に大きいという結果を得ており、これは前述の結果と一致する。

これらの考察から得られた彼の結論は、マクロおよびマイクロデータの双方において、やはり従来の研究では政府資金による R&D の効果が過大に推定されており、実際にはこの効果のうちのかなりの部分が総産出水準に占める政府部門の割合の相違に起因している、というものである。⁽²⁴⁾

⁽²²⁾ 同上書, pp. 100-101.

⁽²³⁾ 同上書, p. 100.

5. モデルの拡張と日本についての計測結果

(1) 政府助成による民間 R&D 需要関数のシフト

ここで、民間 R&D の政府による資金負担が民間企業における R&D に対して持つ効果について、R&D 需要関数の面から検討してみる。

Lichtenberg [10] における R&D 需給関数の場合、FRD という変数は供給関数にのみ含まれている。すなわち、民間 R&D への効果をコストの面から捉え、代替的效果として政府介入による R&D 投入物価格の上昇による限界費用の上昇を考える一方で、補完的效果としては、政府負担の R&D が民間による R&D 投入物の生産性を上昇させるような知識のスピルオーバーを発生させ、所与の改善のための私的費用を下げるという効果を考えている。²⁴⁾ この場合、政府資金の流入は R&D の供給曲線を動かすがこれによって需要曲線は動かない。

一方、米国と異なり軍事や航空宇宙など R&D 集約的な産業への政府の需要が多くない日本の場合、政府資金の民間への配分は委託研究というよりもむしろ助成という観点から見ることができる。そこで、民間 R&D 費用の削減のみならず民間 R&D インセンティブの拡大という側面を考え、FRD が民間 R&D を促進するなどと仮定すると、供給曲線のみならず民間 R&D 需要曲線の上方シフトも考えられる。すなわち、最も単純なケースとして、(3)式を拡張

して

$$P_D = b_0' + b_1' CRD + b_2' SALES + b_3 FRD + \varepsilon_2'$$

とする形である。ここでは $b_3 > 0$ という関係が仮定できるが、これは、民間 R&D への政府資金の支出が民間の R&D 意欲を高めるという民間支出助成措置としての作用、あるいは一層の民間 R&D を行う元になるアイデアを供給するという一種の Technology-Push 作用を持っているということを予想したものである。

このように R&D 需要曲線が動くことと仮定した場合、前述の係数 β_1 にはこれによる効果も含まれることになり、民間 R&D 支出関数を同様に導出すると、

$$(1'') \quad CRD = \frac{b_0' - a_0}{a_1 - b_1'} + \frac{b_3 - a_2}{a_1 - b_1'} FRD + \frac{b_2'}{a_1 - b_1'} SALES + u'$$

となる。すなわち、 β_1 は供給関数のシフトのみを測ったものではなく、需給関数双方のシフトの効果差を反映していると解釈できるものとなる。

(2) 新たな変数の導入とその意味

前述の Lichtenberg [10] に用いられた定式化の方法と変数は米国の技術革新を説明するために考案されたものだが、これに日本のデータをあてはめるにあたっては、両国の R&D の背景の相違を考慮する必要があると考えられる。これについては、日本経済が戦後になって急速に

²⁴⁾ 同上書、pp. 101-103。時系列では FRD の係数の推定値は SALES を分割しない場合 0.330 ($t=2.45$) だが、分割するとこれは 0.109 ($t=0.60$) であった。企業別クロスセクションデータでも同様で、分割によってこの値は 0.126 ($t=4.91$) から -0.003 ($t=0.06$) となった。また、モデルを(6)式の対数線形とした場合については、計測結果の記述はないが、 θ の推定値は約 2 で、民間需要を 1 としたとき政府需要は約 3 の効果を民間 R&D 支出に対し持っているという。

²⁵⁾ 同上書、pp. 98-99。

発展したという点と関連して、戦前から世界の技術開発の先頭にあった米国と戦後になって技術的キャッチアップを開始した日本とで R&D の性質や特徴が異なるということが考えられるので、以下では、特に日本の技術開発に重要であったと思われる要因など、新たにいくつかの変数を考慮してみる。

① 技術導入

技術導入は国内での技術革新活動に大きな影響を与える変数であるが、米国では外国技術に依存する程度が低いのに対して、日本は今日なお技術輸入に依存する割合が高く、日本の技術革新および R&D を考察するのに無視できない要因である。すなわち、自国の外により進んだ利用可能な技術が豊富に存在したか否かという点で米国と日本の相違は際立っており、日本のデータの考察に際してはこの違いを考慮すべきであろう。なぜなら、技術を外国から導入するということは、自前の国内 R&D 支出に対して誘発による補完あるいは節約による代替という形で影響することが知られているからである。日本の R&D 活動と技術輸入の関係を実証分析で検討した研究は多く、日本の技術革新と R&D 支出にとって技術輸入が重要な要因であったことを示している。⁽²⁶⁾

② 製品の輸出入

輸出競争力は一般に R&D の結果としての革新に基づく費用の削減や新製品の開発を通して形成される。この結果、輸出に積極的な企業は競争力の維持や強化のために R&D に積極的と

なると考えられ、輸出市場での競争の激しさのために、輸出志向的な企業ほど R&D 支出は活発となろう。⁽²⁷⁾ 戦後日本のマクロ経済の面から考える場合も、戦後の日本の経済成長においては外需依存度が高く、輸出の果たした役割が重要であることから、個々の企業の場合と同様、時系列的にも外国からの需要の大きさと国内の R&D の活発さには正の関係があると考えられる。反対に、外国からの需要が大きければ輸向向けの製品開発に用いられる R&D 支出の収益性が高くなり、R&D を行う誘因が高まるという関係も考えられる。

一方輸入の場合は、企業の利潤率分析などから輸入圧力が競争促進効果を持つことがあきらかとなるので、R&D を促進すると考えられる一方、輸入が大きい産業では、国内企業が輸入製品に対抗して R&D を行う誘因が失われているかも知れない。このため、各種実証研究では一致した結果は得られていない。⁽²⁸⁾ 一国全体を集計したマクロ経済の場合、輸入の増加によって同時期の国内企業への需要は減少するので、需要増加による収益性上昇やリスクの低下が R&D を促進するという仮説に従えば、輸入と R&D 支出は負の関係にあるとも考えられる。しかし同時に、前述のように輸入は国内企業の競争努力を誘発する面もあわせ持つので、実際に観察される関係は、輸入による競争促進効果がマクロ集計量のレベルでも存在するかどうかと、存在するとすればそれと需要減少の効果のいずれが大きいかによると考えられる。

(26) 例えば南[18]は日本の戦後の経済成長にあつては技術輸入が果たした貢献が大きいとしている。また、日本の技術導入と R&D の関係を調べたものにはこの他、各々を従業員一人あたりに換算して計測した Blumenthal[3]や、弾力性を計測した若杉[19]など多数があり、両者の補完性を裏付けている。

(27) 土井[17], p. 32.

(28) 同上書, pp. 32-33.

以上から、輸出は民間 R&D 需要曲線を上方にシフトさせる一方、輸入は需要曲線を上下どちらにもシフトさせる可能性を持つ。特に日本の経済発展の場合、大きな海外市場の需要に依存してきた部分が少なくなく、R&D に与える影響も国内の需要に比べて大きいとも考えられるので、特にこれらの要因を考察することは重要と思われる。

③ 政府独自の R&D 活動

Lichtenberg [10] における変数 FRD は産業において政府資金で行われる R&D 支出であるが、政府の研究費支出にはこの他、政府の研究機関や大学において行われる研究活動への支出もある。これらの場合もやはり、政府による R&D 資源の利用がその価格を上昇させるという点と、公表された成果が民間部門の R&D コストを下げたり研究意欲を刺激するという点から、R&D 供給曲線の上方ないし下方へのシフトと R&D 需要曲線の上方シフトによって、民間へ配分される支出と同様に民間 R&D に影響する可能性がある。しかし、民間で使用されるものとそれ以外の支出とは性質が異なるため、その効果の大きさや方向、タイミングなどは同じではないと考えられる。このため、ここでは両者を別個の変数として扱う。Levy and Terleckyj [9] ではこれを考慮して、民間 R&D 支出を説明する要因として民間への配分額と並んでこれ以外の政府 R&D 支出も変数とし、戦後米国の時系列データから、3 年のラグをとまって有意に近い正の関係があるとしている。⁽²⁹⁾ 本文では古いデータの利用上の制約から、政府の

研究活動のうちの国公営の研究機関による支出のみを変数として検討する。

(3) 1958～1988年の日本における計測結果とその含意

技術革新のための R&D 支出の決定要因として、前述の政府 R&D 支出と、特に短期的な関係を持つ要因としての総需要を考えるために、前述の Lichtenberg [10] による理論的根拠と定式化に基づきながら、需要の項目別効果の相違や新たな変数を考慮したモデルを検討する。回帰分析に用いる式は、各変数の定義を

CRc : 会社等社内使用研究費・非政府負担

GRc : 会社等社内使用研究費・政府負担

TI : 技術輸入対価支払額

GRI : 国公営研究機関内部使用研究費

GNP : 国民総生産

GD : 公的需要 (政府最終消費支出 + 公的固定資本形成 + 公的在庫品増加)

OD : その他の需要 ($GNP - GD$)

とし、例えば

$$CRc_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 GRc_t + \alpha_3 TI_t + \alpha_4 GRI_t + \alpha_5 GD_t + \alpha_6 OD_t + u_t$$

(u_t は誤差項)

などとしたものである。 t は各変数の趨勢的成長から生じる見せかけの相関の可能性を考慮した、1958 年を 0 として 1, 2, 3, と増加する趨勢項である。ここで、前述のように輸出入による需要という要因を考慮するために、変数

⁽²⁹⁾ Lichtenberg [10] とほぼ同じ線形の定式化による Levy と Terleckyj の計測では、産業における政府資金 R&D の係数は 0.266 ($t=8.86$) というよく似た結果が得られている一方で、その他政府 R&D 支出については 3 年のラグがある場合のみ 0.187 ($t=1.76$) という有意に近い値を推定している。Levy and Terleckyj [9], p. 553.

OD を場合に応じて

PD : 民間国内需要

FD : 経常海外余剰

に、さらにFDを

EX : 輸出 (財貨・サービスの輸出と海外からの要素所得)

IM : 輸入 (財貨・サービスの輸入と海外への要素所得)

(上記の各変数はいずれも実質値, 単位10億円)⁽³⁰⁾

に分けた計測も行う。また、各変数はその効果のタイミングを考慮して場合に応じて数期のラグを入れた。

ただしこれは、R&D 活動およびその他の経済変数を一国全体を総計した集計量データで観察することで各変数間のマクロ経済的関係を考察するもので、政府支出が直接関係する個々の民間 R&D 活動に対して持つ影響を論じるものではない。さらに、集計量データを用いたということは、個々の事情に基づき独自に意思決定する企業主体であっても需要要因などへの反応が概ね共通であるという点をあらかじめ仮定していることを意味する。なお、データの制約上、政府資金による R&D に関連した支出とそうではない支出が区別できないので、ここでは例え

ば政府助成の助成対象外の R&D に及ぼす影響などは考察されない。

以上のような変数と定式化に基づいて回帰分析を行うが、年別データを用いた結果、例えば月単位のような細かな変動の説明というよりも、むしろある程度これをならしたうえでの関係の有無が観察されると思われる。予想される符号条件は、民間および外国需要に関する変数については正、輸入についてはこれが総需要の計算上控除される値を正の符号で表しているのが負であると考えられる。 α_2 および α_4 の符号は Lichtenberg [10] などでは先験的には定められないとされているが、その他各種の研究では正の値が得られている場合も多い。

日本の戦後のデータによる回帰分析の結果を表1に示す。データは年別で、期間は1958～88年度である。Lichtenberg [10] の計測の場合は系列相関を考慮する必要があったとしているが、ダービン・ワトソン比から分かるようにここでのデータでは誤差項の系列相関は(1-1)式を除いてそれほど問題にはならないと思われるので、ここでは通常の最小2乗法 (OLS) を用いた計測結果を示した。一般化最小2乗法によっても結果はほとんど変わらない。ここからは次のような関係を読みとることがで

(30) 研究費は科学技術研究調査報告、技術輸入額は国際収支統計月報、その他は国民経済計算年報の実質値データによる。R&D のデフレクタは1956～64年は民間企業設備投資デフレクタ (経済企画庁)、65年以降は研究費デフレクタ (科学技術庁) による。また技術輸入のデフレクタは輸入物価指数総平均 (日銀) を用いた。なお、CRc は社内使用研究費のうちその負担源が民間および外国であるものを、GRc は同じく負担源が国・地方公共団体であるものをそれぞれ集計した値である。後者は厳密には受入研究費という項目とは数値が異なるが、企業部門における公的な研究資金がより広く取り込まれている。ただし、データの収集の制約から1957、58の両年については受入研究費を用いた。その他の1958年以前のデータは旧系列「研究機関基本統計調査報告」の科学技術庁による新系列への換算推定値である。

(31) R&D 関係のデータが年度計数でしか得られないため、統計学的に十分な標本数を得るためにはかなり長い期間にわたる時系列データが必要となる。このため、ここに示した計測結果は、ある時点における関係というよりも、1958～88年という計測期間全体を平均した関係を示すと解釈すべきである。しかし、31年間というのは長い期間で、この間に様々な要因によって構造変化が生じ、それにともなって係数の真の値に変化が生じた可能性は大きい。これを計測期間の分割やダミー変数の使用によって調べるには自由度が不足するので、ここでは係数全体の変化の有無についてF検定を行う Chow test を逐次適用した。この結果、構造変化はもっぱら1970年代後半に生じているということが推測された。

表1 民間 R & D 支出と政府 R & D, 総需要

被説明変数: CRc_t 期間: 1958~1988年度($n=31$)

変数名	(1-1)	(1-2)	(1-3)	(1-4)
定数項	-470.063 (-1.498)	-109.657 (-0.632)	-166.378 (-0.946)	82.230 (0.465)
t	104.717 (1.538)	110.458 (3.038)	77.785 (1.800)	81.570 (2.158)
GRc_{t-1}	12.870 (2.950)	8.881 (3.727)	8.435 (3.564)	6.904 (3.231)
TI_t	0.724 (2.546)	0.408 (2.599)	0.643 (2.758)	1.001 (4.182)
GRi_{t-2}	-13.319 (-8.221)	-8.171 (-7.572)	-6.239 (-3.494)	-4.877 (-2.989)
GNP_t	0.023 (2.814)	...	...	...
GD_t	...	-0.065 (-5.471)	-0.057 (-4.242)	-0.054 (-4.639)
OD_t	...	0.034 (7.326)	...	...
PD_t	...	...	0.032 (6.679)	0.020 (3.428)
FD_t	...	...	0.043 (5.253)	...
EX_t	...	...	...	0.052 (6.652)
IM_t	...	...	...	-0.018 (-1.626)
\bar{R}^2	0.991	0.997	0.998	0.998
s	187.215	99.979	98.332	85.923
DW	1.460	2.134	1.914	2.202

()内は係数の t 値, \bar{R}^2 は自由度修正済決定係数, s は標準偏差, DW はダービン・ワトソン比きる。⁽³¹⁾

① R&D に関する変数

まず, いずれの式においても, 会社等における政府負担の R&D 支出は 1 年のラグを想定した場合に民間負担の R&D 支出と有意な正の関係を持つ。⁽³²⁾ マクロ的に見て, 民間の政府からの研究費受け入れ増加 10 億円あたりの民間負担 R&D 支出増加は 70~120 億円程度になることが計測期間を通じて平均的に観察される。一方, 公的需要と R&D 受け入れ額の関係は, 米国についての Lichtenberg の計測とは異なり, ラグの有無にかかわらずそれほど強い相関は見られなかった。これらは, 米国と比較して日本の場

合, 助成や委託研究, 共同研究において航空宇宙や軍事関連など規模の大きい政府支出が大きな部分を占めず, 民生用技術中心であることや, 若杉[19]が述べるように, 形式上政府がイニシアティブをとることになっていても, 実質的には民間のニーズが相当反映された形でこれが実施されていたという特徴がある,⁽³³⁾ ということを反映して, (1'')式において $b_3 - a_2 > 0$ となっているためと思われる。すなわち, ここの計測結果は, 会社等における政府負担 R&D が民間 R&D のコストを引き上げるような効果をあまり持たず, むしろスピルオーバーによってコストを引き下げる, あるいは R&D を刺激

⁽³²⁾ 政府負担の会社等研究費の代わりに受入研究費を変数とした計測も行ったが, 推定値の大きさや有意性などにほとんど違いはなかった, ここでは前者のみを示した。

⁽³³⁾ 若杉[19], p. 130.

して R&D 需要曲線を上方へシフトさせるような効果を持っていると解釈することもできる。

これに反して、2 年程度のラグを考慮した場合、国や地方の研究機関で行われる R&D 支出は、同じ政府資金であっても会社等で行われるものとは異なり、ほぼ同規模だが方向が反対の有意な負の相関関係を民間 R&D 支出との間に持つ。民間への支出の場合には、むしろ民間側のテーマに合わせた助成となるので補完的に R&D を刺激する結果、R&D 供給曲線の下方向シフトないし R&D 供給曲線の上方向シフトを上回る R&D 需要増大効果が見られたのに対し、国営研究機関が行う R&D の場合、民間が指向するテーマや方向とは異なる部分が大きいため、民間 R&D コストの低下や民間 R&D 需要誘発の効果が小さいということがこの理由とも考えられる。³⁴⁾ もっとも、政府と民間の共同研究をそれが行われる場所が企業か国営研究機関かで区分するという方法は、共同研究の内容の実態を正しく反映していないので、断定的結論は下せない。

なお、技術輸入はいずれの計測からも、10 億円の増加について 4 ～ 10 億円の民間 R&D 支出の増加と対応することがわかる。他の変数の取捨によって係数の値がやや不安定で、複雑な関係があることがうかがわれるが、有意性はいずれも高い。これらは、日本の R&D に関する一般的認識となっている、国内 R&D と技術輸入

の補完的関係の説明と全く一致するもので、他の変数の効果を正しく推定するためにも必要な要因であるといえる。³⁵⁾

② 総需要に関する変数

国内民間需要ないし非公的需要は、米国の場合と同様、各式において有意な正の相関が認められた。すなわち、期間全体を平均すると、10 億円の民間需要の増加が 2,000 ～ 3,000 万円の民間 R&D 支出を促し、R&D 需要曲線を上方シフトさせている様子がうかがえる。これは、少なくとも形式的には、技術革新のインセンティブに対して需要要因が正の効果を持つという考え方と一致するもので、需要の増大によって予想収益が好転したり資金がより低コストで調達できるようになる結果 R&D を行ってもよいと考える額が増える、という関係が一国のマクロ経済全体を平均しても認められることを示している。

これと対照的に、公的需要の係数は、米国の場合とは異なり、いずれの式においても有意にマイナスであり、公的需要 10 億円の増加につき 5,000 ～ 6,000 万円の民間 R&D 支出減少がともなっていたと読める結果となった。ここでの結果を見る限り、公的需要増加による R&D 需要関数のシフトは下方であり、総需要全体の効果を相殺していることになる。公的需要には公共投資のような民間部門の活動を活発化させる要因ばかりではなく政府最終消費支出なども含ま

³⁴⁾ R&D 需要曲線の下方向シフトによっても同じ負の関係は説明できるが、目的や動機に関して異なる政府 R&D が企業本来の R&D の代替物となりうる程度は大きくはないと思われる。

³⁵⁾ 技術輸入と受入研究費については、Link[11]のモデルを用いて産業クロスセクションデータで計測した場合も同様の符号条件が見られた。すなわち、日本の 12 産業の 1982 ～ 85 年の 4 年間のデータをプールして $n=48$ とした標本について、被説明変数を研究費対売上高比率とし、説明変数に受入研究費や技術輸入の他に前期営業利益対売上高比率や集中度、多角化の程度、年別ダミー変数などを含めた場合、政府からの受入研究費対売上高比率および技術輸入対売上高比率は R&D 全体ならびに開発研究と有意な正の相関関係にあった。また、2 年のラグをともなして、受入研究費対売上高比率は研究費全体に占める開発研究比率と有意な正の、同じく基礎研究比率と有意な負の相関関係を持っていた。拙稿[20]、pp. 115-128。

れているのだが、これに加えて、日本の場合には米国と違って R&D 集約度が高い分野の一つである軍事関連や航空宇宙への政府支出が多くない、ということが両国の相違の理由の一つと考えられる。つまり、日本の場合、これらのような R&D 活動の規模が大きいと同時に巨額の政府支出をとまなうという特徴を持つ産業への R&D 委託が少ない一方で、むしろ民間主導の技術開発を中心とした R&D 態勢がとられ、政府の支出も独自の目的というより民間の助成ニーズに応える形で行われていたということを、この公的需要変数と産業の政府負担 R&D 変数の各係数は反映しているともみられる。

輸出および輸出超過による需要の効果については、国内需要同様の正の相関関係が得られた。輸入を一定とした場合、10億円の輸出の増加に対応して民間 R&D 支出は4,000～5,000万円程度増加するという関係が見られ、これは国内需要の効果に比べて大きい。この結果は、日本の R&D 活動においては、国内需要をみたとする目的のみならず、製品の競争力を強化することによって輸出を増やしたり海外需要を開拓す

るために活発化していたという面が重要であることをうかがわせる。⁽³⁶⁾

一方、輸入の増加がもたらす国内の R&D への影響については、10億円の輸入増加によって2,000万円ほど民間 R&D 支出が減少するという関係が見いだされ、輸入増加による国内企業への需要の減少が R&D の予想収益を低下させ、企業部門の R&D 支出が減少するという仮説と一致した。しかし、輸入に1年のラグを仮定した同様の計測では、他の係数にはほとんど変化をもたらさずにこれ自体は有意な正の値となった。⁽³⁷⁾ これは一応、輸入による競争促進効果が時間の遅れをともなって R&D 需要曲線を上方シフトさせ、R&D 支出が増えると考えられることもできなくはないが、こうした要因はむしろ個別の企業という主体の対応という点から考えることがふさわしいものであり、前述のようにクロスセクション分析の結果が一樣ではないことを考えると、ここで用いたようなマクロの集計データから得られた結果を以て断定を下すことはできない。さらに、輸出入の問題は国内の実物経済のみならず外国為替や世界経済の諸要因

(36) こうした収益性や輸出需要と R&D との関係が経済成長にともなうのみ観測されるものかそれとも各時点で存在する構造的なものかを考察し、また輸出と R&D の関係をより詳細に検討して総需要のうちでも輸出需要の効果が特に大きいかどうかを調べるために、クロスセクションデータによって R&D 支出対売上高比率と輸出性向、利潤率の関係を調べてみた。Link and Long [13] などでは R&D 支出対売上高比率が前期純利益対売上高比率や売上高集中度などの線形関数として説明されているが、一方、Hughes [7] では同じ R&D 支出対売上高比率を説明する変数の一つに輸出性向を用いているので、この変数を新たに加えたものを、各産業の代表的大企業の有価証券報告書に基づく数値を集計した日本銀行「主要企業経営分析」の49製造業の集計データを用いて計測した。計測結果は、

$$(1989年度) \quad R/S = -0.721 + 0.0531EX/S + 0.726PR_{-1}/S$$

(2.404) (2.892)

$$\bar{R}^2 = 0.250 \quad s = 2.007$$

R/S : 試験研究費対売上高比率

EX/S : 輸出額対売上高比率

PR₋₁/S : 前年税引後純利益対売上高比率

()内は係数の t 値

となり、R&D 資金のもととなる前年の純利益とならんで、売上高に占める輸出額が大きいほど R&D が活発であるということを示している。これは、売上高全体の R&D への効果に比べて海外市場への販売の方が R&D を促進する効果が大きいことを推測させる。また、同様な関係は異なる年度のデータについても認められた。なお、企業規模や売上高集中度、宣伝・広告費などについては有意な値が得られなかったため、上述の計測からは除外してある。

(37) (1-4)式に IM_{t-1} を含めた計測ではこの係数は0.029 ($t=2.991$)と推定された。

とも関連するテーマである。また、経常海外余剰のうちかなりの部分が、製品輸出入以外の原材料やサービスの貿易および貿易以外の要因に左右されるため、ここで用いた変数を以て製品市場の状況を代表させることには無理がある。それでもなお、ここで観察された関係は、総需要の構成要素間の効果の相違などに関して、近似的にはあるがある程度実態を反映しているともみられる。

6. 結 語

以上の計測と考察からは、日本の戦後の技術革新活動においては総需要のうちでも民間需要と輸出が R&D の大きな刺激要因であったことがうかがえた。一方、公的需要自体には民間 R&D 支出を増やす効果はなく、軍事や航空宇宙などが大きな部分を占める米国とは対照的であった。また、政府の R&D 活動については、独自の R&D が民間 R&D をクラウドイングアウトし得るものの、民間側の R&D を効果的に支援する形で助成が行われていた。これらから、R&D 支出の推移でみた日本の産業の技術革新活動の特徴は、政府研究機関の R&D や公的需要といった公的な政策・活動によって刺激・促進されてきた様子が少ない、輸出など民間主導型の成長という点にあり、むしろ政府の役割はこうした民間の活動が順調に行われるように助成をするというところにあったと思われる。

ただし、ここでは時系列データによる検討を行ったため、R&D 支出の産業・企業間差異の説明要因の分析などクロスセクション分析で扱うのが適切なテーマは扱わず、産業全体の平均的な姿の考察、あるいは集計したデータを構成する企業の行動がよく似たものであるという仮

定の上での考察にとどまった。また、データの制約の点では、性格別研究費の統計が20数年しかさかのぼれないため、この考察が難しかったという問題がある。モデルの形態に関しては、本文のような線形の関係が日本のデータについて妥当かどうかという問題の他、変数間の関係の同時性という問題が残る。すなわち、輸出が R&D に影響するという要因と同時に R&D による輸出競争力の強化が輸出額を増やすという要因があることや、技術革新が経済成長の原動力となって総需要を増大させるという点を考慮すると、2段階最小2乗法などを用いて同時方程式モデルを解くことが必要となろう。

参考文献

- [1] Baily, Martin N. and Alok K. Chakrabarti, *Innovation and the Productivity Crisis*, Brookings Institution, 1988.
- [2] Ben-Zion, Uri and Vernon W. Ruttan, "Aggregate Demand and the Rate of Technical Change," in Hans P. Binswanger and V. W. Ruttan eds., *Induced Innovation*, Johns Hopkins University Press, 1978, pp. 261-275.
- [3] Blumenthal, Tuvia, "A Note on the Relationship between Domestic Research and Development and Imports of Technology," *Economic Development and Cultural Change*, 1979, pp. 303-306.
- [4] Carmichael, Jeffrey, "The Effects of Mission-Oriented Public R&D Spending on Private Industry," *Journal of Finance*, vol. 36, no. 3, June 1981, pp. 617-627.
- [5] Griliches, Zvi, "Patents: Recent Trends and Puzzles," *Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics*, 1989, pp. 291-319.
- [6] Higgins, Richard S. and Albert N. Link, "Federal Support of Technological Growth in Industry: Some Evidence of Crowding Out," *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. EM-28, no. 4, November 1981, pp. 86-88.
- [7] Hughes, Kirsty, *Exports and Technology*, Cambridge University Press, 1986.
- [8] Kamien, Morton I. and Nancy L. Schwartz, *Market Structure and Innovation*, Cambridge University Press, 1982.

- [9] Levy, David M. and Nestor E. Terleckyj, "Effects of Government R&D on Private R&D Investment and Productivity: A Macroeconomic Analysis," *Bell Journal of Economics*, vol. 14, Autumn 1983, pp. 551-561.
- [10] Lichtenberg, Frank R., "The Effect of Government Funding on Private Industrial Research and Development: A Re-Assessment," *Journal of Industrial Economics*, vol. 36, no. 1, September 1987, pp. 97-104.
- [11] Link, Albert N., "An Analysis of the Composition of R&D Spending," *Southern Economic Journal*, vol. 49, no. 2, October 1982, pp. 342-349.
- [12] Link, A. N., "Productivity Growth, Environmental Regulations and the Composition of R&D," *Bell Journal of Economics*, vol. 13, Autumn 1982, pp. 548-554.
- [13] Link, A. N. and James E. Long, "The Simple Economics of Basic Scientific Research: A Test of Nelson's Diversification Hypothesis," *Journal of Industrial Economics*, vol. 30, no. 1, September 1981, pp. 105-109.
- [14] Mansfield, Edwin and Lorne Switzer, "Effects of Federal Support on Company-Financed R&D: The Case of Energy," *Management Science*, vol. 30, no. 5, May 1984, pp. 562-571.
- [15] Mansfield et al., "Social and Private Rates of Return from Industrial Innovations," *Quarterly Journal of Economics*, vol. 91, no. 2, May 1977, pp. 221-240.
- [16] Schmookler, Jacob, *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, 1966.
- [17] 土井教之「研究開発と国際競争—実証分析」『経済学論究』第41巻第3号, 関西学院大学, 1987年10月, pp. 31-41.
- [18] 南亮進『日本の経済発展』東洋経済新報社, 1981年。
- [19] 若杉隆平『技術革新と研究開発の経済分析』東洋経済新報社, 1986年。
- [20] 拙稿「政府 R&D の経済的効果に関する考察」『早稲田経済学研究』第31号, 1990年6月, pp. 115-128.
1991. 3. 29提出
(博士後期課程第3年度生)